BEL € 12 | INT € 19

CIAUD | BRUXELLES
BUREAU DE DÉPÔT
BRUXELLES X
P405054

A+213 FR

A+213

REVUE BELGE D'ARCHITECTURE
BIMESTRIELLE **AOÛT – SEPTEMBRE 2008**

1907... AFTER THE PARTY | BIENNALE DE VENISE | INTÉRIEUR | CINÉMA SAUVENIÈRE | DESIGN ACOUSTIQUE 2

PROJETS RÉCENTS
Intérieur

DESIGN ACOUSTIQUE 2
Une architecture variable
pour une acoustique variable

V+ signe un cinéma à Liège

SPÉCIAL PRODUCTNEWS
Eclairage

BIENNALE DE VENISE
1907… after the party
INTERVIEW Office Kersten Geers David Van Severen
A+PLAN 21 Le Pavillon belge





Acoustique variable

texte
VERONIQUE BOONE
THOMAS WULFRANK



La tendance actuelle des salles polyvalentes empêche de plus en plus de concevoir la salle comme volume unique avec une finition architecturale fixe. Les exigences acoustiques variables imposent une architecture variable.

De plus en plus souvent, les salles de concert et de théâtre sont construites pour répondre à des usages multiples. L'acoustique de la salle obtenue par la forme architecturale ne peut répondre qu'à une gamme limitée d'exigences acoustiques et reste en défaut lorsqu'il s'agit de satisfaire des pôles opposés au cahier des charges tels que fonctionner à la fois comme opéra et théâtre, accueillir des concerts rock et des concerts classiques non amplifiés. Les programmations variées des salles polyvalentes imposent des grandes différences en absorption et réflexion acoustique pour garantir à tous une acoustique agréable. Pour chacune de celles-ci, le temps de réverbération de la salle, combiné à l'intensité sonore et aux réflexions sonores, peut varier. Le temps de réverbération est le temps nécessaire pour laisser s'affaiblir la source sonore après avoir été coupée. Il existe plusieurs solutions pour y parvenir: par le biais d'interventions électroacoustiques, ce qui, dans la plupart des cas, est loin d'être idéal, ou en faisant appel à des méthodes architectoniques.
Les possibilités qu'offrent un revêtement variable, un volume de salle variable et/ou des volumes acoustiques accouplés, seront analysées et illustrées dans les projets ci-dessous.

L'article fait suite à 'Design acoustique' (→**A+**212) *qui examinait l'influence du projet architectural sur l'acoustique par le biais de l'absorption des sons, de la réflexion diffuse et de la réflexion spéculaire.*

←
Scène du Concertgebouw Bruges

IRCAM
LIEU Paris, France
MAÎTRE D'OUVRAGE
Ministère de la Culture
Ministère de l'Education Nationale
ARCHITECTE
Renzo Piano | Richard Rogers
ACOUSTIQUE Victor Peutz
UTILISATION Institut de recherche et coordination acoustique/musique
CAPACITÉ 250 à 350 pers. (Espace de projection)
RÉCEPTION 1977

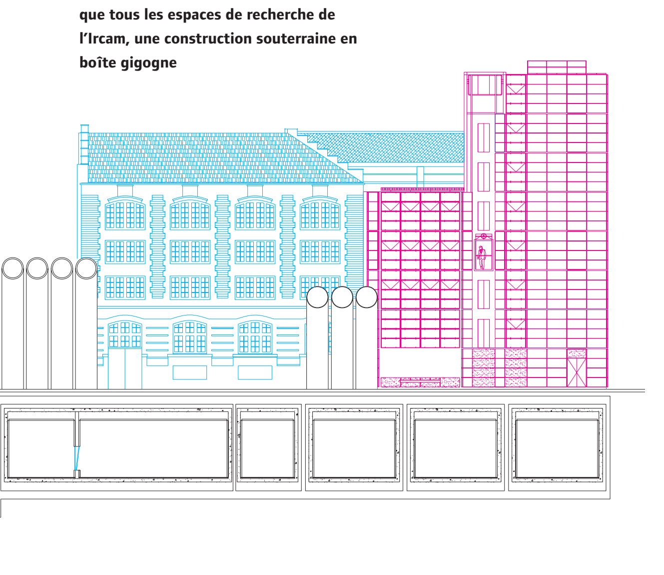


ci-dessus **Les 'périactes' couvrent, par module de trois, les quatre parois et le plafond. Les hautes et les basses fréquences sont absorbées par chacune des colonnes verticales**

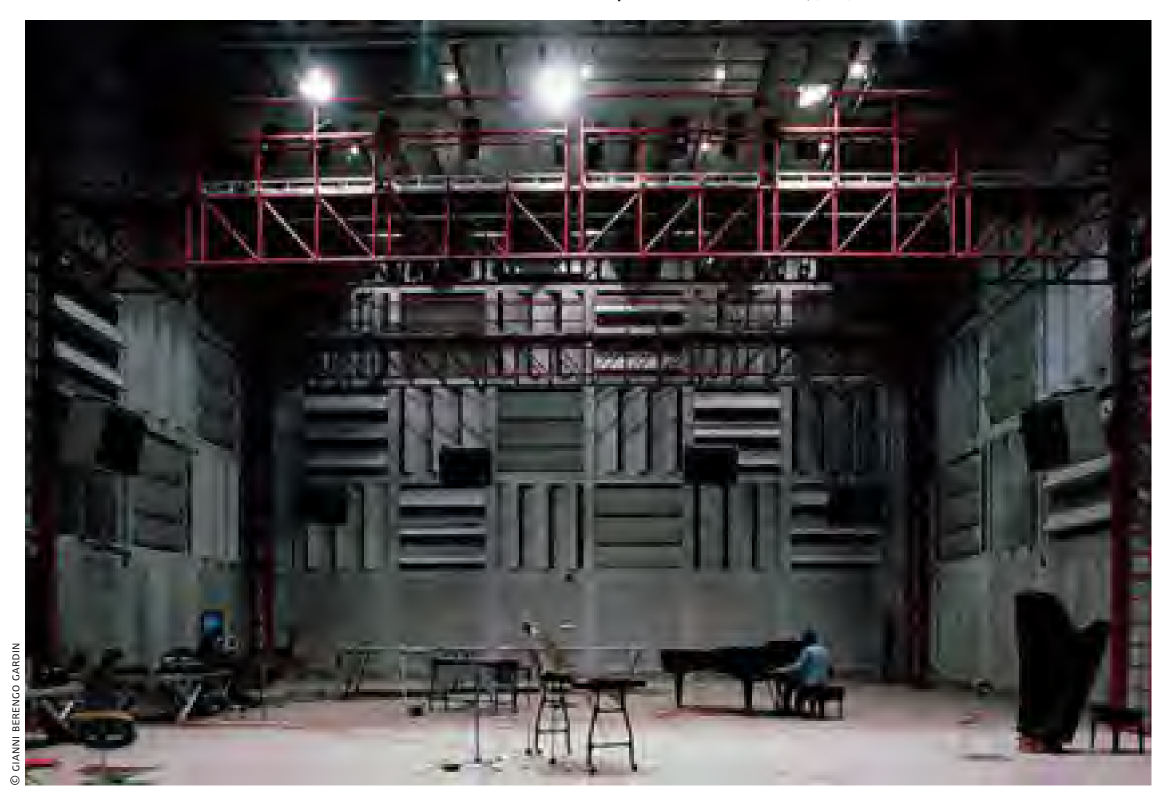
1 2 3

ci-dessus **Représentation schématique des 'périactes' pivotant sur leur axe. Chaque côté du triangle correspond à une fonction acoustique différente:**
1 – absorption
2 – réflexion spéculaire
3 – diffusion

ci-dessous **L'Espace de projection est, ainsi que tous les espaces de recherche de l'Ircam, une construction souterraine en boîte gigogne**



ci-dessous **Le plafond réglable en hauteur ainsi que les 'périactes' rotatifs sur les parois permettent d'obtenir un temps de réverbération entre 0,4 et 4 secondes**



Du studio d'enregistrement à la cathédrale
L'Espace de projection à l'IRCAM (Institut de recherche et coordination acoustique/musique) situé à Paris, est un prototype international pour l'acoustique de salle variable. La salle est la traduction littérale de la mission de l'IRCAM, un laboratoire pour expérimenter avec le son certains aspects comme la synthèse acoustique, l'étude acoustique d'instruments de musique et la perception subjective de l'acoustique de la salle. L'institut a été fondé en 1970 par le compositeur et chef d'orchestre français Pierre Boulez, à la demande du président Georges Pompidou. Le bâtiment est constitué de quatre étages enterrés sous la place Stravinsky qui jouxte le centre Pompidou. A la manière d'une boîte souterraine, des nuisances sonores de la ville comme le métro et la circulation des voitures sont atténuées. Un lanterneau continu sur deux niveaux, assure l'apport en lumière naturelle aux deux niveaux de bureaux. Le reste du bâtiment est occupé par une bibliothèque, une salle de conférence, des studios d'enregistrement, des laboratoires de recherche, un espace anéchoïque et 'l'Espace de projection', fleuron de l'IRCAM.

Cette salle expérimentale permet, à l'aide d'un plafond et de modules variables, une grande flexibilité en acoustique des parois. Le plafond est réglable en hauteur suivant trois modules, avec une différence de hauteur maximale de 9 mètres. Entre les modules, pendent de lourds rideaux en fer qui ferment les espaces au-dessus de la salle. Les modules des plafonds créent ainsi un espace à volume variable, ce qui permet de régler la réverbération et l'intensité sonore: plus le plafond sera élevé, plus longue sera la réverbération; plus le plafond sera rabaissé, plus l'intensité sonore sera haute. L'intensité sonore et la réverbération dans l'espace dépendent par ailleurs du type et de la quantité de l'absorption sonore. Des séries de modules variables aux parois et au plafond viennent compléter le réglage. Chaque module compte trois pyramides, 'périactes', pouvant pivoter sur leur axe. Une face est revêtue de laine de roche comme matériau absorbant, tandis qu'une autre est dure et plane pour une réflexion sonore spéculaire et qu'une troisième est dure avec relief pour la diffusion sonore. Chaque colonne de modules est optimisée par les différents niveaux d'absorption pour des fréquences hautes ou basses. Chaque module peut être réglé individuellement à partir de la régie sonore, tant avant que pendant une exécution, ce qui offre une grande liberté de réglage de la sonorité de la salle et de la perception. Grâce à la variabilité du plafond et des pyramides périactes, le temps de réverbération peut varier entre 0,4 seconde (studio d'enregistrement) et 4 secondes (cathédrale). La salle sert ainsi aussi bien pour des concerts et des enregistrements que pour des expériences acoustiques.

Absorption sonore variable

Le principe de l'absorption sonore variable à l'aide d'éléments tournants avait déjà été appliqué au studio d'enregistrement Studio 1 dans le bâtiment Flagey à Bruxelles. La Maison de la radio Flagey, dessinée en 1933 par Joseph Diongre comme une 'usine à sons' pour l'Institut national de radiodiffusion (INR), était un projet très en avance sur son temps au niveau des exigences acoustiques. Le cœur du bâtiment est constitué par les deux tours acoustiques qui comprennent tous les studios: un grand studio pour concerts classiques – les émissions de musique se faisant à l'époque essentiellement en direct – et des studios d'enregistrement de diverses dimensions avec une bonne isolation. Toutes les autres fonctions, telles que bureaux, espaces de silence, circulation, chambres techniques, etc., s'organisent autour.

Lors de sa réaffectation en 2002, le bâtiment de la Maison de la radio a été transformé en centre culturel Flagey. Il offre une scène où se croisent concerts classiques, jazz, conférences et séances cinématographiques. Les différents studios ont été rénovés et adaptés à leur nouvelle fonction. Les interventions majeures de la transformation concernent la grande salle – le Studio 4 – dont la capacité a été augmentée par des balcons en saillie, le programme musical élargi grâce à des interventions acoustiques telles que des réflecteurs réglables au-dessus de la scène et des bannières motorisées dans les niches.

Le deuxième studio important de la maison de la radio – le Studio 1 – servait initialement de studio d'opérette et de concert. Le studio avait alors une acoustique réglable par le biais des tambours motorisés rotatifs conçus par Raymond Braillard, ingénieur en chef à l'INR. Joseph Diongre avait lui-même consacré beaucoup d'attention à l'étude des couleurs et au design des tambours qui, jusqu'à ce jour, gardent une allure moderne et une solution fonctionnelle unique. Lors de sa rénovation, le Studio 1 a été reconstruit à l'identique. Il est aujourd'hui utilisé pour des enregistrements, concerts, répétitions et conférences. Les quatre parois sont dotées de 47 tambours hexagonaux qui peuvent pivoter en 35 secondes. Les trois parois réfléchissant le son sont réalisées en bois massif laqué alors que les trois autres faces absorbant le son sont parachevées avec un treillis en fer et laine de roche (autrefois en amiante). La combinaison des faces réfléchissantes et absorbantes permet d'atteindre chaque niveau acoustique voulu dans un temps de réverbération sèche de 1,2 à 2,2 secondes, en fonction de l'occupation du public et des musiciens, lorsque tous les tambours sont orientés vers la salle avec leur face absorbante ou jusqu'à environ un redoublement du temps de réverbération lorsque tous les tambours sont orientés vers la salle avec leur face plane réfléchissante.

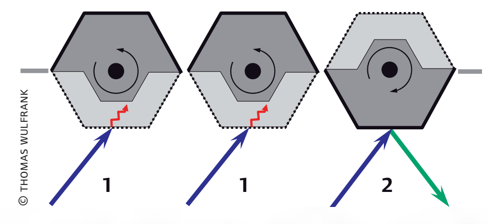

© SAMYN AND PARTNERS


© ANDRES FERNANDEZ MARCOS

à gauche **Les tambours pivotants au Studio 1 de Flagey permettent une absorption variable**

ci-dessus **Le Studio 1 à Flagey sert, après restauration, de studio d'enregistrement, de salle de concert, de répétition ou de conférence**

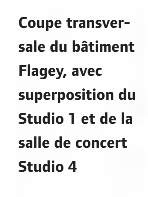
Flagey Studio 1
LIEU Place Flagey, Ixelles
MAÎTRE D'OUVRAGE INR
ARCHITECTE 1938 Joseph Diongre
2002 Samyn and Partners
ACOUSTIQUE 1938 Raymond Braillard (INR)
2002 Artec Consultants Inc. | Kahle Acoustics
UTILISATION 1938 Institut national de radiodiffusion avec des studios pour émissions radio et télévisées. Studio 1 – studio de concert et d'opérette
2002 Institut culturel à utilisation polyvalente. Studio 1 – enregistrements, répétitions, concerts, conférences
CAPACITÉ 1938 Studio 1 – 100 auditeurs et 2 x 40 pers. chœur et orchestre
2002 140 à 200 pers.
RÉCEPTION 1938 | 2002

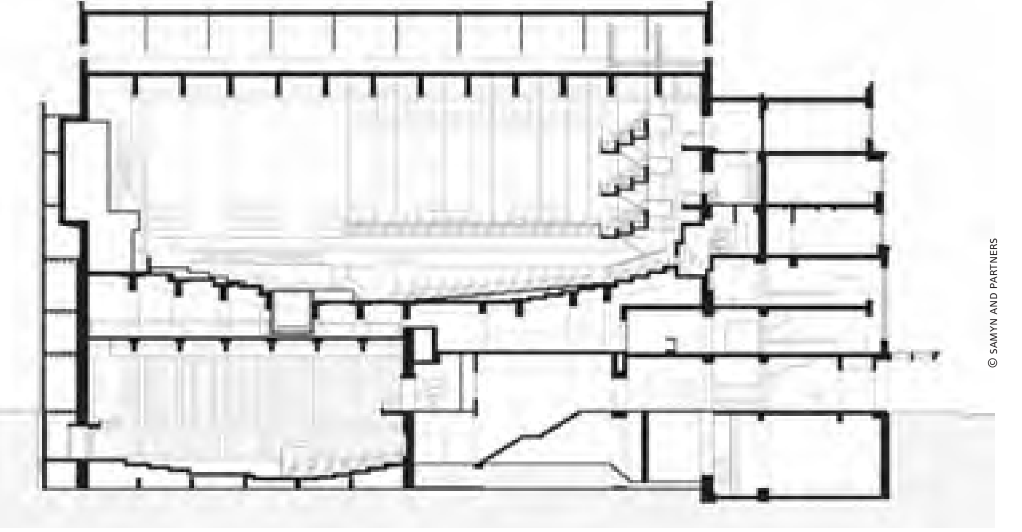


© THOMAS WULFRANK

Présentation schématique des tambours hexagonaux pivotants. Trois faces consécutives en bois laqué réfléchissent le son, tandis que les autres faces sont revêtues de laine de roche absorbante

1 – absorption
2 – réflexion spéculaire

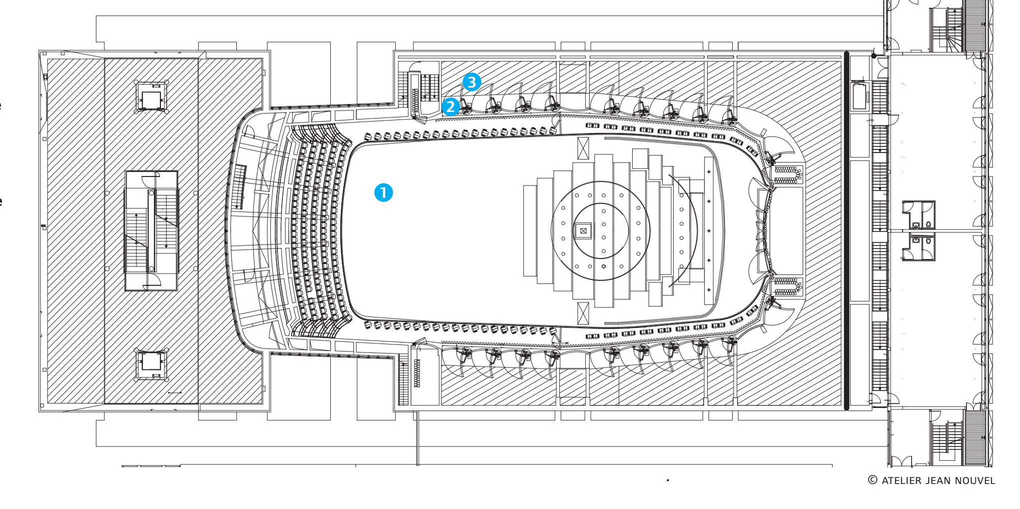

Coupe transversale du bâtiment Flagey, avec superposition du Studio 1 et de la salle de concert Studio 4


© SAMYN AND PARTNERS



KKL
LIEU Lucerne, Suisse
MAÎTRE D'OUVRAGE Tragerstiftung
ARCHITECTE Atelier Jean Nouvel
ACOUSTIQUE Artec Consultants Inc., Kahle Acoustics
UTILISATION Centre de concerts et de congrès
CAPACITÉ 1.840 pers.
RÉCEPTION 2000

Les portes de l'espace de réverbération permettent d'agrandir le volume de la salle d'environ 1/3. Avec le volume couplé, le temps de réverbération peut être rallongé en fonction du type de concert



1
Salle de concert
2
Volume acoustique à accoupler de 6.400 m³
3
50 portes pour une liaison réglable entre la salle de concert et le volume à coupler

Salle de concert



Chambres de réverbération

Au Studio 1, la variabilité de la réverbération se fait uniquement par le biais de variabilité d'absorption. Une plus grande absorption signifie ici moins de réverbération et entraîne une diminution du niveau sonore et une augmentation de la pureté sonore. Ceci convient très bien au Studio 1 avec ces dimensions réduites, mais pour une grande salle, cette absorption variable ne suffit pas toujours. Ceci conduit parfois à opter pour des volumes acoustiques variables et/ou couplés.

C'est la formule utilisée pour la salle de concert du Centre de culture et de congrès de Lucerne (KKL). Situé au bord du lac de Lucerne, le centre se caractérise par un auvent élégant en saillie de 20 mètres au-dessus de l'eau. Sous le toit, on trouve deux salles de concert et un centre de conférence côte à côte, comme amarrés au bâtiment et cernés par deux lignes d'eau qui se prolongent dans le bâtiment. La grande salle de concert peut accueillir 1.840 personnes. Environ un tiers du volume de base de la salle peut lui être ajouté, soit 6.400 m³. Les cinquante portes situées sur les différents balcons relient la salle à un grand volume en forme de fer à cheval qui se développe tout autour de la salle. Les portes peuvent s'ouvrir en enfilade pour acoustiquement coupler le volume et allonger ainsi le temps de réverbération. Dans la chambre acoustique et la salle, l'absorption variable se fait au moyen de rideaux courant le long des parois, ce qui permet un réglage subtil de l'acoustique. Le temps de réverbération de la salle peut ainsi passer de 1,3 seconde avec portes fermées à près de 3,5 secondes avec couplement complémentaire du volume acoustique. Ces valeurs extrêmes ne sont cependant pas les plus intéressantes pour l'utilisation de la salle de concert. Dans la pratique, la réverbération est généralement limitée à 2,85 secondes. La contribution de l'espace couplé est acoustiquement très complexe et la théorie des espaces couplés est un sujet de recherche actif dans le domaine de l'acoustique.

Cage de scène

La salle du Concertgebouw de Bruges accueille à la fois de l'opéra et de la musique symphonique. L'essentiel de l'acoustique variable est obtenu en couplant un volume supplémentaire au volume de base de la salle. Le volume de base est prévu pour la musique de chambre et pour l'opéra. Le volume supplémentaire peut être ajouté à l'arrière de la scène, ce qui a des implications sur l'acoustique, mais aussi sur l'architecture et sur l'expérience spatiale vécue par l'auditeur et les artistes.

En mode concert symphonique, pour réfléchir le son, la partie supérieure de la cage de scène est fermée au moyen d'un plafond scénique horizontal, réalisé en multiplex sur une structure en acier, tandis qu'une grande partie de la scène est entourée par des tourelles de scène mobiles revêtues de lamelles en bois. Ces tourelles sont partiellement transparentes au son. La scène fermée à l'arrière fait ainsi office de chambre de réverbération: le son peut, à travers un jeu de rabats verticaux réglables dans les tourelles, refluer plus ou moins vers cet espace. En prévoyant le volume supplémentaire derrière la scène et non dans la salle elle-même, les exécutants se retrouvent davantage au centre de la salle. L'espace arrière devenu un grand volume acoustique et couplé à une scène plus petite qui garantit une réverbération riche pour l'orchestre. Les musiciens et le public partagent la même acoustique de la salle. Visuellement, la scène fermée et raccourcie forme davantage un ensemble avec la salle.

En mode théâtre et opéra, toute la profondeur de la scène est exploitée et le plafond scénique de la cage de scène reste ouvert. La grande hauteur de la cage, en combinaison avec ses rideaux et le stockage du matériel technique, entraîne une énorme absorption du son. Le temps de réverbération souhaité est ainsi obtenu pour le théâtre et l'opéra qui se situe entre 1,0 et 1,4 seconde. La salle est par ailleurs beaucoup plus axée sur le côté visuel qu'auditif: un cadre supplémentaire – l'avant-scène – rétrécit l'ouverture entre la scène et la salle.

De plus, la variabilité exigée par différents types de musique, opéra ou théâtre, peut encore être réglée par des rideaux absorbants dans la salle. Le théâtre nécessite une acoustique très sèche de 1 seconde, tandis que pour l'opéra, elle sera de 1,4 seconde, et pour les concerts classiques de 1,4 à 1,8 seconde. L'acousticien a rédigé pour le Concergebouw un manuel d'utilisation qui reprend trente types de représentations différentes accompagnées chacune de leur acoustique et de leur disposition idéales.

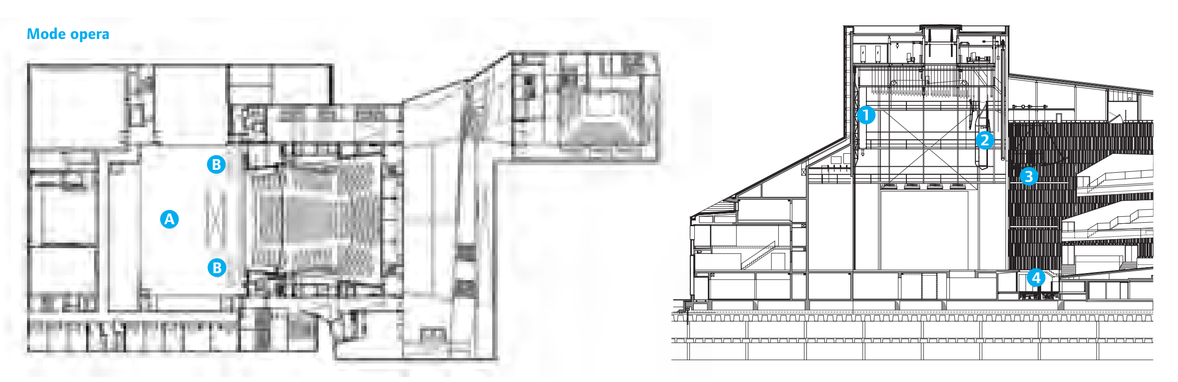
Concertgebouw Bruges

LIEU Bruges MAÎTRE D'OUVRAGE Concertgebouw
ARCHITECTE Robbrecht en Daem ACOUSTIQUE Arup Acoustics
UTILISATION Opéra, musique symphonique, musique de chambre, jazz, danse
CAPACITÉ 1.290 pers. RÉCEPTION 2002

Les tourelles de concert mobiles entourent la scène d'orchestre. Elles sont partiellement transparentes au son qui peut résonner dans l'espace derrière la scène



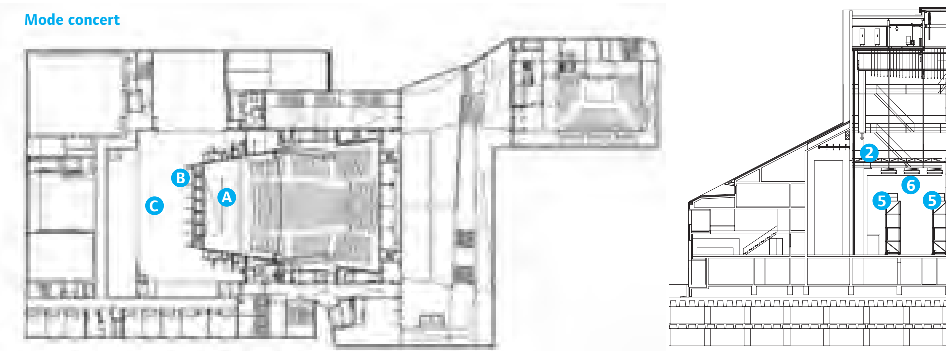
Mode opera



A Podium
B Processus de rétrécissement

1 Réflecteurs au plafond placés verticalement dans la cage de scène
2 Plafond scénique maintenu verticalement dans la cage de scène
3 Réflecteurs au plafond au-dessus de l'avant-scène
4 Ascenseurs d'orchestre en position basse pour former une fosse d'orchestre

Mode concert



A Ascenseurs d'orchestre en position haute pour agrandir la scène et placer l'orchestre davantage dans la salle
B Tourelles acoustiques mobiles
C Scène arrière comme chambre réverbérante

1 Réflecteurs au plafond rabattus
2 Plafond scénique horizontal pour fermer la scène de la cage de scène
3 Réflecteurs au plafond au-dessus de l'avant-scène
4 Ascenseurs d'orchestre en position haute pour agrandir la scène et placer l'orchestre davantage dans la salle
5 Tourelles acoustiques mobiles
6 Scène de fond fonctionnant comme chambre réverbérante acoustique

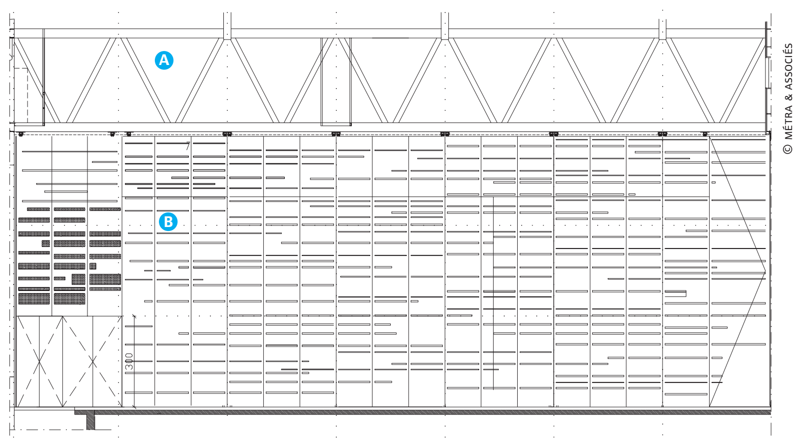
Du sport au rock

Pour la salle culturelle polyvalente La Commanderie à Dole, en France, l'exigence de variabilité était encore plus grande: la salle devait permettre toute une gamme d'activités, allant des matchs de sport aux concerts de rock, en passant par du théâtre, des conférences et de la musique symphonique. Ceci implique une grande variabilité acoustique, mais aussi spatiale et architecturale puisque le public occupe différemment la salle. L'idée initiale des concepteurs était que la grande diversité des fonctions ne devait pas avoir d'impact sur la qualité architecturale ou acoustique du projet. Le bâtiment est ainsi pensé comme une 'boîte à outils': une enveloppe fixe renfermant une boîte variable qui intègre le programme, aussi important soit-il.

Avec ses trois façades en pierre et en végétation naturelle, le bâtiment s'insère dans la nature environnante. La quatrième façade miroitante est orientée vers la ville historique. L'enveloppe compte une surface de 44 mètres sur 39, libre d'éléments porteurs, tandis que la structure du toit en acier reste apparente. Plusieurs parois mobiles produisent, en fonction de leur disposition, des acoustiques différentes. La paroi mobile du fond divise la salle du foyer. Cette paroi est entièrement fermée et garantit l'extension de la salle. Pour des concerts rock, des manifestations sportives ou des congrès, les parois latérales mobiles et la paroi du fond ne sont pas utilisées. La salle atteint sa taille maximale. Les réflexions latérales sont affaiblies par la distance et limitent ainsi la réverbération. Pour la musique symphonique et la musique de chambre, différentes dispositions et occupations de la salle sont possibles, et les parois latérales mobiles sont rapprochées au maximum. Les parois garantissent ainsi des réflexions latérales fortes vers le public, à la manière d'un 'effet surround'. La transparence partielle du son s'opère par les longs joints ouverts vers les espaces tampons latéraux, où le son peut résonner. Dans le cas d'un volume plus petit, les parois mobiles assurent une réverbération plus importante en définissant un volume latéral plus grand. Comme au KKL, le réglage fin de la réverbération dans la salle se fait dans les volumes latéraux variables. Kahle Acoustics a rédigé un manuel pour les différentes dispositions correspondant à leurs usages respectifs. L'acoustique et l'architecture sont fortement liées, tout en s'organisant comme dans un 'pas de deux' en fonction l'une de l'autre.

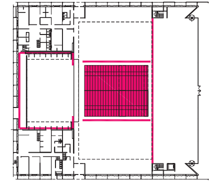

© PHILIPPE RUAULT

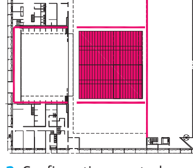
Salle polyvalente culturelle de Dole
LIEU Dole, France
MAÎTRE D'OUVRAGE Ville de Dole
ARCHITECTE Métra + Associés
ACOUSTIQUE Kahle Acoustics
UTILISATION Salle culturelle polyvalente (théâtre/concerts/manifestations sportives)
CAPACITÉ 600 à 3.000 pers.
RÉCEPTION 2006

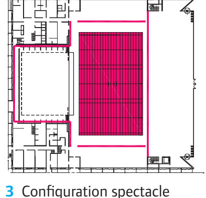


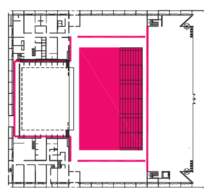
© MÉTRA & ASSOCIÉS

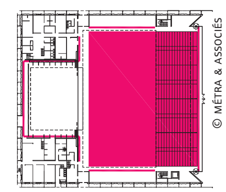
à gauche **Détail des cloisons mobiles**
A Structure du toit en acier avec joint ouvert pour la transmission sonore vers les volumes tampons latéraux
B Paroi mobile en multiplex


1 Configuration spectacle 580 places

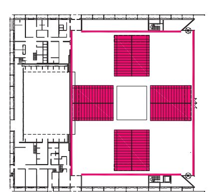

2 Configuration spectacle 800 places

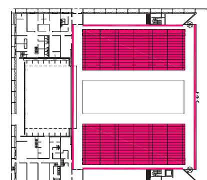

3 Configuration spectacle 1.150 places

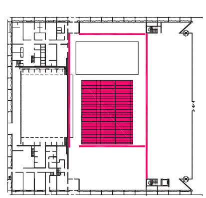

4 Configuration spectacle 1.800 places (assis/debout)

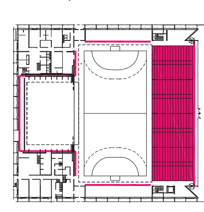

5 Configuration spectacle 2.950 places (assis/debout)

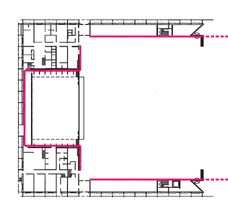
© MÉTRA & ASSOCIÉS


6 Configuration spectacle bi-frontale 1.100 places


7 Configuration spectacle 'boîte à chaussures' 1.150 places


8 Configuration spectacle 800 places


9 Configuration sport 790 places


10 Configuration congrès ouvert totalement


© MÉTRA & ASSOCIÉS